

СИСТЕМА РАЗБРАКОВКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ПО ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

Горкунов Б. М.¹⁾, Львов С. Г.¹⁾, Трошук Д. Е.¹⁾,
Лысенко В. Ю.¹⁾, Салиба Абдел Нур¹⁾

¹⁾ *Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», кафедра «Информационно-измерительных технологий и систем», ул. Кирпичова, 2, Харьков, Украина, 61002, gorkunov@kpi.kharkov.ua*

Широкое распространение электромагнитных преобразователей (ЭМП) в настоящее время обусловлено тем, что такие устройства позволяют получить многопараметровую информацию и, следовательно, провести достаточно полные исследования свойств изделия [1]. В работе [2] описан метод измерения магнитной проницаемости μ_r и удельной электрической проводимости σ цилиндрических изделий. Суть этого метода состоит в том, что для определения значений μ_r и σ введены специальные нормированные параметры преобразователя, построены универсальные функциональные зависимости этих параметров от обобщенных безразмерных характеристик изделия и установлен определенный порядок проведения измерительных и расчетных операций. Однако для определения μ_r и σ требовалось последовательное использование двух универсальных зависимостей (либо двух массивов точек), что усложняло процесс измерения и затрудняло его автоматизацию. Кроме того, устройство, реализующее данный метод, имело довольно узкий диапазон изменения параметров изделий, при котором погрешности определения μ_r и σ малы.

В настоящей работе рассмотрена система с трансформаторным электромагнитным преобразователем, работающим на основе усовершенствованного метода одновременного определения μ_r и σ цилиндрических изделий. Выяснены также пути расширения пределов измерения такого измерителя за счет включения ЭМП в различные схемы.

Если ввести специальные безразмерные параметры K и N_x , характеризующие собой соответственно удельный нормированный поток в изделии и относительный магнитный поток на глубине проникновения поля, а также построить зависимости этих параметров от $\operatorname{tg} \varphi$ (где φ – фаза потока в изделии) [3], то можно существенно упростить процедуру определения величин μ_r , σ , и анализ точностных характеристик системы контроля.

Алгоритм работы системы контроля состоит в том, что магнитную проницаемость определяют, воспользовавшись универсальной зависимостью $K = f(\operatorname{tg} \varphi)$ и формулой

$$\mu_r = \Phi_H / (K\eta), \quad (1)$$

где $\Phi_H = \Phi_0 / \Phi_{\Pi}$ – нормированный поток в изделии, Φ_0 и Φ_{Π} – магнитные потоки в изделии и в проходном ЭМП без образца; η – коэффициент заполнения, $\eta = a^2 / a_{\Pi}^2$, a и a_{Π} – радиусы исследуемого образца и измерительной обмотки ЭМП.

Удельную электрическую проводимость находят, исходя из зависимости $N_x = f(\operatorname{tg} \varphi)$ и формулы

$$\sigma = N_x / (\mu_0 \omega \Phi_H a_{\Pi}^2), \quad (2)$$

где μ_0 – магнитная постоянная; ω – круговая частота зондирующего поля.

Универсальные функции преобразования $K = f(\operatorname{tg} \varphi)$ и $N_x = f(\operatorname{tg} \varphi)$ позволяют определять оба параметра изделия независимо друг от друга. При этом для нахождения каждого из параметров необходимо определять амплитуду Φ_0 и фазу φ магнитного потока в изделии.

Фазу магнитного потока в изделии измеряют с помощью фазометра, либо при применении схемы трех вольтметров определяют из выражения

$$\sin \varphi = \frac{E_p}{E_2} \sqrt{1 - \left(\frac{E_p}{2E_2} \right)^2}, \quad (3)$$

где E_2 – ЭДС, обусловленная магнитным потоком в изделии, измеренная на вторичной обмотке рабочего преобразователя с образцом, E_p – амплитуда вектора разностной ЭДС между ЭДС преобразователя с исследуемым образцом и без образца.

Таким образом, использование двух универсальных функций преобразования позволяет построить системы разбраковки по независимому определению электрических и магнитных параметров цилиндрических изделий. Включение ЭМП в различные схемы дает возможность расширить диапазоны изменения контролируемых параметров и диаметров исследуемых изделий.

Список литературы

1. Бида Г.В. Неразрушающий контроль механических свойств стального проката (обзор). Контроль прочностных и пластических свойств / Г.В. Бида // Дефектоскопия. – 2005. – №5. – С.39–53.
2. Бондаренко В.И. Бесконтактное измерение электромагнитных характеристик цилиндрических изделий / В.И. Бондаренко, Б.М. Горкунов, В.П. Себко // Измерительная техника. – 1984. – №6 – С.57–58.
3. Справочник по специальным функциям с формулами, графиками и математическими таблицами / Под ред. М. Абрмовица и М. Стиган. – М.: Наука. – 1979. – 830 с.